

РАЗВИТИЕ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАЛОМ РЕЧНОМ ВОДОСБОРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ В XX веке¹

Введение

Эрозионные процессы являются одной из основных причин деградации и снижения продуктивности почвенного покрова, увеличивают густоту расчленения территории, способствуют выведению из оборота больших площадей сельскохозяйственных угодий. По расчетам А.Г. Рожкова [1], на 1 га оврагов приходится 3–5 га приовражных земель. В результате смыва, размыва и аккумуляции ухудшаются агрохимические свойства почв, в долины постоянных и временных водотоков поступает большое количество наносов, содержащих удобрения, пестициды, радионуклеиды и др., что снижает качество воды, ведет к трансформации и деградации речной сети.

Количественная оценка темпов ведущих экзогенных процессов для освоенных малых речных водосборных бассейнов в различные интервалы времени важна для выявления особенностей перераспределения наносов, выявления тенденций развития эрозионно-аккумулятивных процессов.

Методы исследования

В основу настоящей работы положены материалы многолетних полевых исследований эрозионно-аккумулятивных процессов. Изменения в землепользовании устанавливались по разновременным топографическим картам и аэрофотоснимкам 1894–1989 гг. м-ба 1:18000–1:100000. По картографическим материалам и результатам натурных измерений составлена карта распространения оврагов (рис. 1). Для расчетов смыва почв на пахотных землях применялось модифицированное универсальное уравнение эрозии [2], использовались материалы гос. земельного кадастра 1986 г., справочников, фондовых материалов и публикаций, радионизотопные методы. По разновременным картографическим материалам рассчитывались средние скорости роста оврагов за различные периоды, 1–2 раза в год проводились тахеометрические съемки оврагов, методом реперов определялся прирост их вершин.

Универсальное уравнение эрозии включает 4 показателя: эрозионный индекс дождевых осадков за 30-минутный период максимальной интенсивности (D), смываемость почв, т/га (Π) на единицу эрозионного потенциала осадков, эрозионный потенциал рельефа (R) и почвозащитный коэффициент растительного покрова и агротехники (K_d). Расчеты смыва проводились для пашни по планам землепользования. Величина показателя R изменялась от 0.1 до 7.2. Показатель D рассчитан за 34-летний период для метеостанции Тунка. Он равен 6.8 [3] и варьирует от 1.16 до 29.5. Смываемость (Π) серых лесных и дерновых лесных почв, на которых располагались основные пахотные угодья, составляет 1.85–3.1 т/га. Почвозащитный коэффициент растительного покрова и агротехники (K_d) при существовавших в 1980-е гг. севооборотах равнялся 0.23–0.25.

Материалы расчетов потенциального смыва сопоставлялись с данными по эродированности почв из материалов гос. земельного кадастра. Почвенно-морфологическим методом определялась мощность гумусового горизонта на пашне на разных отрезках склонов. Летом 1985–1989 гг. на обрабатываемых землях после выпадения ливневой рассчитывались величины смыва и намытой почвы. Мощности делювия ниже

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-91152).

границ пашня–лес, пашня–пастбище и пролювия на конусе выноса оврага измерялись в шурфах глубиной 0.5–2.5 м по кровле погребенной под наносами почве. Возраст отложений определялся с помощью радиоизотопных (радиоуглеродного ^{14}C и цезиевого ^{137}Cs) методов в Санкт-Петербургском и Московском университетах.

Район исследования

Площадь водосбора р. Еловки (левый приток р. Иркут) 64 км². Она берет свое начало с Еловского хребта, разделяющего Тункинскую и Торскую котловины. Абс. высоты водосбора реки варьируют от 701 до 1339 м. В геологическом строении принимают участие: 1) докембрийские гнейсы, плагиогнейсы, кристаллические сланцы, мраморы, амфиболиты, граносиениты и сиениты; 2) неоген–четвертичные песчаники, алевролиты, аргиллиты, пески, базальты, туфы, лессовидные супеси, галечники [4].

Пологие водораздельные поверхности обладают склонами различной длины (0.1–1.0 км), крутизны (2–30°) и формы. В широких долинах рек развиты пойма и терраса высотой соответственно 0.5–1.0 и 2–3 м. Густота эрозийного расчленения составляет 1.56 км/км², из них 1.00 км/км² приходится на овражно-балочную сеть, на постоянные водотоки – 0.56 км/км², глубина расчленения 200 м, средний уклон р. Еловки 1.84‰ [5]. Основные водотоки – рр. Хамниганская, Икинайка, Икубур, Мухар (рис. 1).

По данным метеостанции Тунка (18 км западнее водосбора р. Еловка) в год выпадает в среднем 372 мм осадков с максимумом в июле (102 мм) [6]. За вегетационный период (май–сентябрь) выпадает 318 мм (87%) осадков. Зимой (ноябрь–март) средняя сумма осадков равна 22 мм, высота снежного покрова в бассейне р. Еловки не превышает 20–30 см. Весной снег на пашне часто испаряется и не образует стока. На неоген–четвертичных базальтах сформировались серые лесные легко- и среднесуглинистые почвы, на других горных породах развиты преимущественно дерновые лесные супесчаные и легкосуглинистые почвы. Растительный покров представлен сосновыми и вторичными сосново-березовыми лесами с присутствием лиственницы.

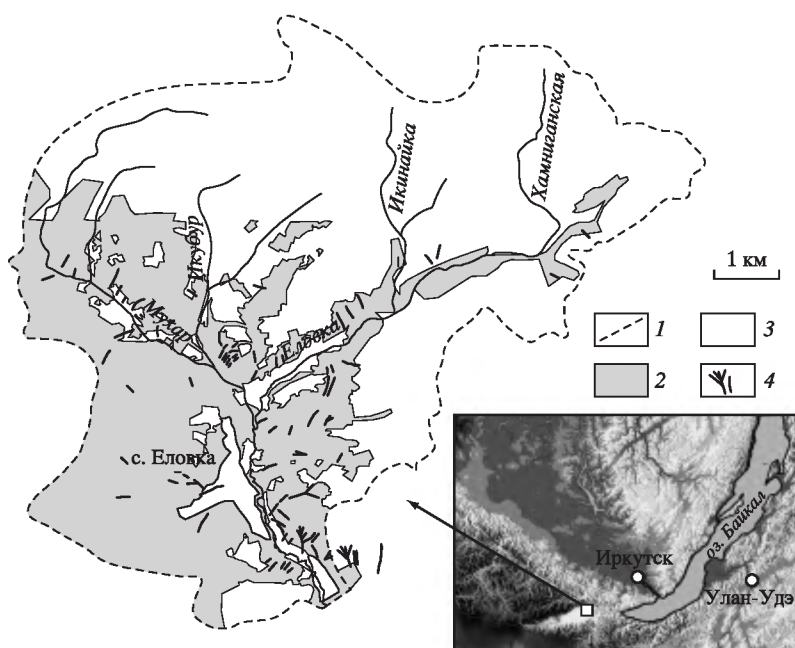


Рис. 1. Местоположение района исследования, сельскохозяйственных земель и оврагов

1 – граница водосборного бассейна, 2 – населенный пункт, 3 – пашни и безлесные территории, 4 – овраги

История хозяйственного освоения водосбора

Хозяйственное освоение Тункинской котловины началось со строительства в 1676 г. Тункинского острога на берегу р. Иркут. Постепенно появлялись новые населенные пункты, увеличивалось население, осваивались под пашни все новые земли. В 1867 г. в Тунке насчитывалось 350 домов и 2 церкви. Бассейн р. Еловки начал активно осваиваться в XIX в. Первоначально распахивались земли западнее с. Еловка на Ахалик-Еловском базальтовом плато и вблизи населенного пункта. О существовании д. Еловка в середине XIX в. упоминает И.Д. Черский [7]. По материалам переписи 1897 г. в Еловском селенье проживало 313 человек и зарегистрировано 63 хозяйства.

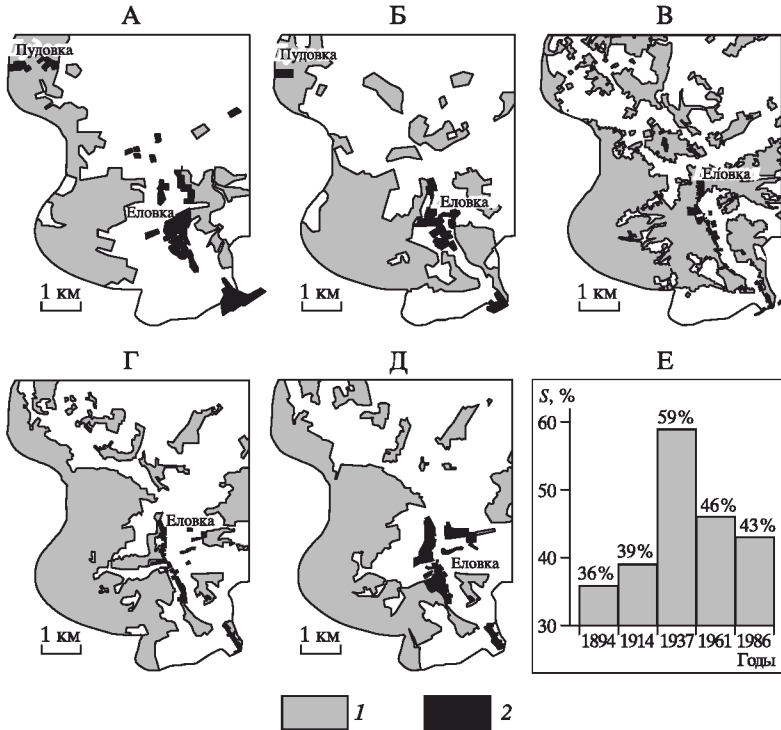


Рис. 2. Динамика пашни и селитебных площадей в бассейне р. Еловки

А – 1894, Б – 1914, В – 1937, Г – 1961, Д – 1986 гг., Е – отношение площади сельхозугодий к площади урочища по годам.

1 – сельскохозяйственные земли (пашни, пастбища), 2 – селитебные зоны (жилые и производственные строения, огороды)

На рис. 2 показано изменение площадей обрабатываемых земель в южной и юго-западной частях бассейна за 92 года. В 1894 г. доля пашни составляла 36%, на 1914 г. – 39%. Наибольший рост площадей пашни произошел с 1914 по 1937 гг. Он связан с ростом населения и применением тракторов с середины 1930-х гг. В дальнейшем площади обрабатываемых земель неуклонно снижались. Одной из основных причин сокращения были эрозионные процессы. Эродированные земли переводились в залежи и пастбища, были произведены лесопосадки.

Количественная оценка смыва почв

Для количественной оценки потенциального смыва с пашни от стока ливневых вод нами использовалось модифицированное в МГУ универсальное уравнение эро-

зии [2, 8]. В 1986 г. в бассейне насчитывалось 1809 га пашни, в 1961 г. – 1935 га, в 1937 г. – 2480 га. По материалам землеустройства 1986 г. суммарный потенциальный смыв почв с пахотных земель определен в размере 15500 т/год (8.57 т/га×год). Он варьирует от 0.9 до 19.9 т/га×год. Основная часть наносов (90%) накапливалась на пашне и контакте пахотных угодий с лесными землями и пастбищами, 10% поступало в долинно-балочную сеть. Мощность делювиальных отложений в верховьях балок и падей и у подножия склона достигает 0.8 м, составляя в среднем 0.4 м. Аккумуляция продуктов смыва приводит к увеличению мощности гумусового горизонта до 40 см и его осветлению.

Для расчета суммарных объемов смыва и аккумуляции была выбрана балка на левом берегу р. Еловки с площадью водосбора 22.7 га. В ее днище расположен донный овраг длиной 320 м, глубиной до 15 м [9]. Водосбор в 1914 г. был почти весь распахан, в 1937 г. часть бассейна покрывали вторичные березово-сосновые и осиново-березово-сосновые леса, в 1961 г. пашни составляли всего 3.4 га, в 1989 г. на них были произведены посадки сосны. Средняя мощность делювия в днище балки на площади 300 м² равна 0.4 м и варьирует от 0.1 до 0.8 м.

Вследствие глобальных и локальных выпадений от ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне Юго-Западное Прибайкалье относится к районам с высоким (80–150 мКи/км²) содержанием ¹³⁷Cs в почве [10–12], пик которого пришелся на 1953–1962 гг. Основное радиационное загрязнение окружающей среды в Прибайкалье оказали мощные (более 20 кТЭ) наземные ядерные взрывы 12.08.1953 г. и 24.08.1956 г. [11]. Воздушные и наземные ядерные взрывы осенью 1961–1962 гг. обусловили высокие (3–30 Ки/км²×сут.) значения суммарной бета-активности выпадений при фоновых величинах 0.04–0.1 мКи/км²×сут. Превышения составили 4–6 порядков [12]. Наибольшие глобальные выпадения ¹³⁷Cs приходится на 1962–1964 гг. [13]. Дожди и ливни в течение 1–3 дней после взрывов в августе 1953 и 1956 гг. увеличивали интенсивность локальных радиоактивных выпадений и формировали их удаленные максимумы [11].

В 2008 г. в шурфе глубиной 0.5 м были отобраны образцы для определения содержания ¹³⁷Cs. Толща состояла из делювия (0.45 м) и перекрытой им кровли дерновой лесной почвы (0.05 м) (рис. 3А). Пик содержания ¹³⁷Cs на глубине 45–50 см отмечен в кровле погребенной почвы, которая была практически на дневной поверхности в 1953–1962 гг., когда фиксировались максимальные выпадения.

Выше по разрезу располагаются делювиальные отложения, сформированные преимущественно смывом и струйчатым размывом. В горизонтах 25–30 см и 15–20 см доля продуктов линейных размывов выше. Пониженное содержание изотопа ¹³⁷Cs в слое 15–20 см (возможно 15–30 см) относится к 1989 г., когда в районе шурфа аккумуляровались продукты струйчатого размыва, в которых преобладали пески. Напротив, в горизонте 30–35 см доминируют продукты плоскостного смыва (суглинки).

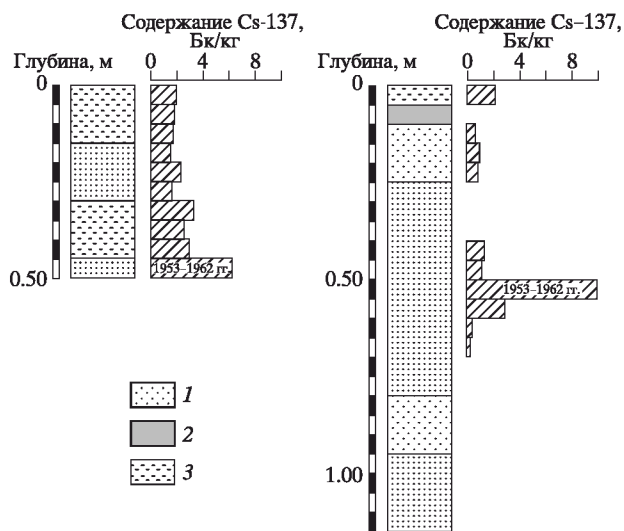


Рис. 3. Содержание изотопа ¹³⁷Cs в делювиальных (А) и пролювиальных (Б) отложениях
1 – песок, 2 – супесь, 3 – легкий суглинок

Согласно расчетам по универсальному уравнению эрозии потенциальный смыв с пахотных угодий (3.4 га) составлял 51 т/год (15 т/га×год). За период с 1963 по 1989 гг. суммарная расчетная эрозия почв была 1320 т, с 1989 г. по 2008 г. она снизилась до 60 т (0.9 т/га×год). Всего с пашни было перемещено вниз по склону 1380 т наносов. С 1963 г. в верховье балки накопилось 120 м³ продуктов смыва, средняя скорость аккумуляции составляла 1.0 см/год. Если за первый период (1963–1989 гг.) накопилось 35 см (1.35 см/год) делювия, то за второй (1989–2008 гг.) 15 см (0.8 см/год). На пашне осталось (72%) наносов, 28% выносилось за ее пределы.

Количественная оценка овражной эрозии

На водосборе р. Еловки насчитывается 70 оврагов (24 донных и 46 склоновых). Средняя плотность форм размыва составляет 1.09 ед./км², густота расчленения 0.19 км/км², суммарная длина и объем соответственно 12 км и 80.6 тыс. м³ [9]. Преобладают короткие (до 200 м) овраги глубиной 1–3 м, основная их часть образовалась преимущественно на пашне (рис. 1). Склоновые и донные формы размыва возникли по отвальным бороздам, колеям и кюветам грунтовых дорог, днищам ложбин, балок, падей.

На карте 1894 г. показано 3 донных оврага, на аэрофотоснимках 1937 г. видны 50 оврагов, в 1990 г. их насчитывалось 70. Отдельные неглубокие эрозионные формы (1.0–1.5 м) за 70 лет заросли, склоны их выположились. Десять неглубоких (1–2 м) оврагов на пашне было засыпано [3]. Всего с 1937 г. по 1990 г., преимущественно в течение 1985–1987 гг., образовалось 26 новых оврагов длиной до 200 м.

Современная интенсивность овражных выносов количественно может быть оценена объемами грунта, поступающего через устьевые створы развивающихся оврагов в более крупные звенья эрозионной сети за единицу времени с единицы площади, м³/км²×год [14]. Величина модуля овражных выносов (μ) определяется по формуле:

$$\mu = \Pi \cdot V_{\text{ов}} \cdot S,$$

где Π – плотность оврагов, ед./км², $V_{\text{ов}}$ – средняя линейная скорость роста оврагов, м/год, S – средняя площадь поперечного сечения оврага, м².

Модуль овражных выносов для склоновых форм размыва равен 3.60 м³/км²×год, для донных – 5.18 м³/км²×год, суммарный – 8.78 м³/км²×год (15.6 т/км²×год). По водосборам он варьировал от 0.1 до 160 т/км²×год. Основная масса овражных наносов мощностью 0.5–4.0 м накапливалась на конусах выноса. Так за 70 лет площадь конуса выноса оврага, расположенного на левом берегу р. Еловка в 0.8 км выше ее устья, увеличилась в два раза. В нижней части конуса выноса с глубины 33–35 см был отобран и датирован радиоуглеродным методом горизонт гумусированной супеси. Календарный возраст ее определен как 1957–1958 гг. (ЛУ–5569), средние темпы аккумуляции за полвека составляли 6.9 мм/год. В центральной части конуса выноса в 1989 г. определенная дендрохронологическим методом средняя величина аккумуляции пролювия за 50 лет составляла 15 мм/год. В последние 20 лет вынос отложений из оврага сильно сократился, конус выноса покрылся луговой растительностью и отдельными деревьями, началось формирование почвы.

В пролювиальных отложениях конуса выноса оврага максимальное содержание ¹³⁷Cs отмечено на глубине 50–55 см, соответствующей поверхности конуса выноса в 1962 г. (рис. 3Б). Ниже ¹³⁷Cs обнаружен только до глубины 65–70 см, что говорит об отсутствии существенной аккумуляции в интервале 1953–1962 гг. Стандартная эпюра вертикального распределения изотопа ¹³⁷Cs прослеживается на ненарушенных почвах до глубины 15 см, а на супесчаных почвах – и до 20 см [15].

Поверхностный горизонт 0–5 см включает продукты плоскостного смыва последних лет. В октябре 2006 г. в результате ветровала были вырваны с корнем и повалены деревья. Со склонов отложения перемещались в днище оврага и на конус выноса. Два горизонта (5–10 см и 25–40 см) не содержат ¹³⁷Cs и являются продуктами овражных

размывов. Горизонты 10–25 и 40–55 см сложены смесью овражных выносов и продуктов поверхностного смыва с вероятным преобладанием первых. В целом, в разрезе конуса выноса преобладают продукты линейного размыва. Доля делювиальных отложений не превышает 3–5%.

Этапы развития эрозионно-аккумулятивных процессов

На основе историко-картографических данных и материалов полевых исследований выделено 5 этапов развития эрозионно-аккумулятивных процессов:

1. Постепенный рост площади обрабатываемых земель в 1896–1930 гг. Появление небольших участков смытых почв на склонах крутизной 2–8°, рост существующих и появление новых оврагов. Эрозионно-аккумулятивные процессы проявляются относительно слабо, преимущественно на сельскохозяйственных землях вблизи д. Еловка.

2. Этап активизации эрозионно-аккумулятивных процессов (1930–1940-е гг.) обусловлен ростом площадей пашни, применением машинной обработки земли, объединением земельных наделов в большие поля, выпадением сильных ливней и обильных дождей [16].

3. Период относительной стабилизации эрозии и аккумуляции (1950–1970-е гг.) благодаря применению противоэрозионных мероприятий, переводу части эродированных пашен в залежи, пастбища, на фоне снижения количества и интенсивности осадков.

4. Второй этап активизации эрозионно-аккумулятивных процессов – 1980-е гг. – связан с распашкой новых земель, ростом поголовья скота, выпадением обильных дождей [17].

5. С экономическими реформами начала 1990-х г. связан этап сокращения активности эрозионно-аккумулятивных процессов.

Заключение

В XX в. в бассейне р. Еловки преобладали смыв почв и аккумуляция продуктов эрозии на пашне и на контакте обрабатываемых земель с другими категориями угодий. В овражно-балочную и речную сеть поступало не более 10% продуктов смыва (1550 т/год). Из оврагов в среднем выносилось 1450 т/год отложений. Большая их часть накапливалась у подножия склонов, на террасах и поймах рек в виде конусов выноса. Продукты смыва и размыва почв оказывали локальное воздействие на речную сеть, увеличивая мутность воды и заполняя небольшие участки русел.

Смыв, размыв и аккумуляция за XX в. прошли 5 временных этапов, отражающих неравномерное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов. Основная роль в динамике смыва, размыва аккумуляции принадлежала изменениям в землепользовании (рост или сокращение площадей пашни). Колебания увлажнения по годам и сезонам накладывались на эти изменения, что усиливало или снижало темпы эрозионно-аккумулятивных процессов.²

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рожков А.Г. Борьба с оврагами. М.: Колос, 1981. 200 с.
2. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.
3. Баженова О.И., Любцова Е.М., Рыжов Ю.В., Макаров С.А. Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1997. 208 с.

² Авторы выражают признательность д.г.н. В.Н. Голосову (лаборатория эрозии почв и русловых процессов МГУ им. М.В. Ломоносова) за консультации и помощь в отборе образцов, расчете содержания изотопа ¹³⁷Cs и интерпретацию полученных данных.

4. *Флоренсов Н.А.* Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 258 с.
5. *Рыжов Ю.В.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейнах малых рек юга Восточной Сибири // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 94–101.
6. Справочник по климату СССР. Метеорологические данные за отдельные годы // Иркутская область и юго-западная часть Бурятской АССР. Атмосферные осадки. Иркутск: Иркутскгидромет, 1975. Вып. 23. Ч. 2. 322 с.
7. *Черский И.Д.* Еловский отрог как связь между Тункинскими Альпами и Саяном // Изв. Сиб. отд. ИГО. 1875. Т. VI. № 4. С. 137–183.
8. *Литвин Л.Ф.* География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: Наука, 2002. 255 с.
9. *Рыжов Ю.В.* Временные аспекты процессов овражной эрозии // Географические исследования Сибири / Ландшафтообразующие процессы. Новосибирск: ГЕО, 2007. Т. 2. С. 57–74.
10. *Израэль Ю.А., Квасникова Е.В., Назаров И.М., Стукин Е.В.* Радиоактивное загрязнение цезием территории России на рубеже веков // Метеорология и гидрология. 2000. № 4. С. 20–31.
11. *Медведев В.И., Коришунов Л.Г., Черняго Б.П.* Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь (опыт многолетних исследований по Восточной и Средней Сибири и сопоставление результатов с материалами по Западной Сибири) // Сиб. экологический журнал. 2005. Т. 12. № 6. С. 1055–1071.
12. *Черняго Б.П., Непомнящих А.И.* О радиоактивном загрязнении территории Прибайкалья от наземных ядерных испытаний // Геология и геофизика. 2008. Т. 42. № 2. С. 171–178.
13. *Силантьев А.Н., Шкуратова А.Г.* Обнаружение промышленных загрязнений почвы и атмосферных выпадений на фоне глобального загрязнения. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 136 с.
14. География овражной эрозии / Е.Ф. Зорина. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
15. *Голосов В.Н.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
16. Метеорологические данные за отдельные годы по Иркутской области и Бурятской АССР. Ливневые дожди и суточные количества осадков. Л.: Гидрометеиздат, 1962. Вып. 22. 463 с.
17. *Рыжов Ю.В.* Овражная эрозия в межгорных котловинах Юго-Западного Прибайкалья // Геоморфология. 1998. № 3. С. 68–73.
18. Метеорологические данные за отдельные годы по Иркутской области и Бурятской АССР. Наибольшие слои осадков за разные интервалы времени. Иркутск: Иркутскгидромет, 1969. Вып. 22. 531 с.

ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию
03.08.2010

XX CENTURY DEVELOPMENT OF EROSION-ACCUMULATION PROCESSES IN THE SMALL RIVER CATCH BASIN OF THE (SOUTH-EASTERN PRIBAIKALYE)

Ju.V. RYZHOV, D.V. KOBYLKIN

Summary

The mean annual volumes of land-loss (15500 tons) and gully erosion (1450 tons) in the Elovka river catch basin during the period 1937–2008 were calculated. In these years, the intensity of erosion-accumulation processes changed periodically. Alterations in the land-use played the main role in the dynamics of out-wash, breaking up, accumulation of delivium and proluvium. Seasonal and annual differences in the amount and intensity of precipitation had additional effect on the rates of erosion-accumulative processes.